

## Radan matalan meluesteen tuotevaatimukset





# Radan matalan meluesteen tuotevaatimukset

Liikenneviraston ohjeita 27/2017

*Kannen kuva: Kehäratahankkeen kuva-arkisto*

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-409-2

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Tekniikka ja ympäristö -osasto

Korvaa

-

Voimassa

1.1.2018 alkaen toistaiseksi

Asiasanat

Meluntorjunta, melusteet, radanpito, ratatyöt, rautatiet,  
kunnossapito, rakentaminen, työturvallisuus, ohjeet

## Radan matalan meluesteen tuotevaatimukset

Näitä tuotevaatimuksia on noudatettava suunniteltaessa, toteutettaessa ja kunnossapidettäessä matalia raideliikennemelun torjuntarakenteita. Tässä ohjeessa on määritelty rautatiealueelle sijoitettavan matalan meluesteen yleiset vaatimukset, rakenteen laatuvaatimukset ja rakennesuunnitelman laatuvaatimukset. Ohjeessa on kuvattu matalan meluesteen laadun osoittaminen ja laadunvarmistusmenetelmä.

Ohje koskee Liikenneviraston hallinnoimia rautatiealueita.

Tekninen johtaja

Markku Nummelin

Melu- ja värinäasiantuntija

Erkki Poikolainen

*Ohje hyväksytään sähköisellä allekirjoituksella.*

*Merkintä sähköisestä allekirjoituksesta on viimeisellä sivulla*

LISÄTIETOJA

Erkki Poikolainen

Liikennevirasto

puh. 0295 34 3973

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

puh. 0295 34 3000

faksi 0295 34 3700

kirjaamo@liikennevirasto.fi

etunimi.sukunimi@liikennevirasto.fi

[www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

## Esipuhe

Matalia melusteita käytetään raideliikennemelun torjumisessa. Matalat melusteet ovat kiinteitä meluntorjuntarakenteita, jotka sijoitetaan lähelle raidetta ATUn ulkopuolelle. Meluste soveltuu käytettäväksi kaikissa rataluokissa, kun tässä tuotevaatimuksessa esitetyt reunanehdot ja määräykset täyttyvät.

Matala meluste soveltuu kohteisiin, joissa meluseinälle ei ole riittävästi tilaa, maasto-olosuhteet eivät mahdollista sen perustamista järkevin kustannuksin, tai meluseinä korkeutensa ja peittävyytensä vuoksi soveltuu huonosti ympäristöön. Näissä päivityksissä tuotevaatimuksissa on matalan meluesteen tilavarausta korotettu suoralla rataosuudella 850 mm:stä 1100 mm:n. Matalan meluesteen vaimennuskyky perustuu siihen, että melua torjutaan mahdollisimman lähellä itse melulähdettä.

Matalien melusteiden tuotevaatimuksessa esitetään tekniset vaatimukset matalille melusteille ratahankkeissa. Liikennevirasto tulee myöhemmin laatimaan matalien melusteiden suunnitteluohjeen.

Näitä tuotevaatimuksia noudatetaan hankittaessa raideliikenteen meluntorjuntaan tarkoitettuja matalia melusteita.

Työn ohjausryhmään ovat kuuluneet Liikennevirastosta Erkki Poikolainen ja Tuomo Viitala. Muina asiantuntijoina ovat toimineet Laura Pennanen, Juha Kansonen, Eero Liehu, Seppo Mäkitupa, Simo Toikkanen sekä Juha-Matti Vilppo Liikennevirastosta, Petri Miettinen ja Hannu Riipinen RR Management Oy:stä sekä Kari Häyrinen Soundim Oy:stä.

Tuotevaatimukset on laadittu konsulttityönä Destia Oy:ssä, jossa työryhmään ovat kuuluneet Laura Soosalu (projektipäällikkö), Janne Iho, Taina Mattila, Hannele Sivonen ja Marja-Terttu Sikiö.

Helsingissä joulukuussa 2017

Liikennevirasto  
Tekniikka ja ympäristö -osasto

## Sisällysluettelo

MÄÄRITELMIÄ.....	7
ESITYSTAPA .....	9
1 YLEISET VAATIMUKSET.....	10
2 TILA-, MUOTO- JA ULKONÄKÖVAATIMUKSET .....	11
2.1 Sijoittaminen ratapoikkileikkaukseen ja esteen tilavaraus.....	11
2.2 Elementtien pituus ja paino.....	14
2.3 Esteen madaltaminen .....	14
2.4 Esteen huolto- ja kulkuaukot.....	14
2.5 Esteen ulkonäkö ja muoto.....	15
2.6 Ilkivalta.....	15
2.7 Onnettomuustilanteet .....	15
3 RAKENTEEN LAATUVAATIMUKSET .....	16
3.1 Perustaminen .....	16
3.2 Materiaalit.....	16
3.2.1 Yleiset materiaalivaatimukset.....	16
3.2.2 Betonirakenteet .....	17
3.2.3 Teräsrakenteet .....	17
3.2.4 Puurakenteet .....	17
3.2.5 Läpinäkyvät tai heijastavat rakenteet.....	17
3.2.6 Muut materiaalit ja kierrätysmateriaalit.....	17
3.3 Käyttöikä .....	18
3.4 Kuormitusten kestävyys .....	18
3.4.1 Yleiset vaatimukset kuormitusten kestävyydelle.....	18
3.4.2 Maanpaine .....	18
3.4.3 Tuulikuorma .....	18
3.4.4 Junan painekuorma.....	18
3.4.5 Auraslumikuorma.....	19
3.4.6 Iskunkestävyys.....	19
3.4.7 Lumikuorma.....	19
3.4.8 Lämpötilan muutoksen aiheuttama kuormitus.....	19
3.4.9 Kuormitusten aiheuttamat siirtymät ja muodonmuutokset.....	20
3.4.10 Roudan aiheuttamat siirtymät ja muodonmuutokset.....	20
3.5 Kaapelikanavat.....	20
3.6 Sähköturvallisuus .....	21
3.7 Maadoitus .....	21
3.7.1 Yleiset vaatimukset maadoittamiselle.....	21
3.8 Akustiset laatuvaatimukset .....	21
4 RAKENNESUUNNITELMAN VAATIMUKSET .....	22
4.1 Yleiset vaatimukset suunnitelmille .....	22
4.2 Yleispiirustus.....	22
4.3 Elementtirakenteiden piirustukset .....	24
4.4 Materiaalien laatuvaatimusten esittäminen suunnitelmassa.....	24
4.5 Rakenteelliset ja geotekniset mitoituslaskelmat .....	24
4.6 Maadoitusohje ja -piirustus.....	25
4.7 Määräluettelo .....	25
4.8 Asennusohjeet ja asennuspiirustus .....	25
4.9 Kunnossapito- ja huolto-ohjeet .....	25
4.10 Materiaalien kierrätysohjeet.....	25
5 LAADUN OSOITTAMINEN .....	26

LÄHTEET	.....	28
---------	-------	----

**LIITTEET**

Liite 1	Matalan meluesteen tilavaraus raiteiden sivulla, toinen puoli peilikuvana, h=850 mm
Liite 2	Matalan meluesteen tilavaraus raiteiden sivulla, toinen puoli peilikuvana, h=1050 mm
Liite 3	Matalan meluesteen tilavaraus raiteiden välissä, raideväli > 4500 mm, h=850 mm
Liite 4	Matalan meluesteen tilavaraus raiteiden välissä, raideväli > 4500 mm, h=1050 mm



## Määritelmiä

Tässä tuotevaatimuksessa:

**Absorptiolla** tarkoitetaan äänen imeytyvyyttä materiaaliin. Absorboivat meluesteet imevät ääntä ja vain osa äänestä heijastuu esteestä.

**Aukean tilan ulottuma (ATU)** on se pitkin raidetta ulottuva tila, jonka sisällä ei saa olla kiinteitä rakenteita tai laitteita (kuva 1).

**Diffraktio** on ilmiö, jossa ääni taittuu esteen vaikutuksesta. Meluesteen tehoa voidaan parantaa käyttämällä meluesteen yläreunassa äänen taipumista, eli diffraktiota vähentävää rakennetta.

**Eristävyys** kuvaa rakenteen kykyä eristään materiaalin läpi menevää ääntä. Äänen eristävyttä kuvataan eristävyysluvulla DLR. Meluesteen eristävyys mitataan tavanomaisesti laboratorio-olosuhteissa.

**Kaarre** käsittää vaakatasossa tapahtuvan suunnanmuutoksen geometriset elementit. Yleisimmin se on ympyränkaarri ja siihen liittyvät siirtymäkaaret. Kaarre voi olla myös pelkkä ympyränkaarri tai useammista ympyränkaarista ja siirtymäkaarista koostuva kokaari.

**Korkeusviiva** (Kv) määrittelee raiteen korkeusaseman. Raiteen korkeusviiva sijaitsee raiteen aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa kiskon kulkureunan kohdalla. Kaarteessa korkeusviiva määritellään alemman kiskon mukaan.

**Matalalla melusteella** tarkoitetaan lähelle raidetta ja radan ATUn äärimittojen alapuolelle kiinteästi asennettavaa korkeintaan 1050 mm korkeaa melusterakennetta. Matalan meluesteen korkeus mitataan viereisen raiteen alemman kiskon selästä.

**Päällysrakenne** on radan rakenneosaa, johon kuuluu tukikerros ja raide.

**Raideväli** tarkoittaa kahden raiteen keskilinjojen välistä etäisyyttä vaakatasossa.

**Raiteen kallistus** on raiteen kiskojen selkien välinen korkeusero. Raiteen kallistus tehdään normaalisti korottamalla kaarteiden ulkopuolista kiskoa.

**Rataluokalla** tarkoitetaan luokittelua, johon radat jaetaan liikenteen ja radan ominaisuuksien perusteella. Rataluokkia on A, B1, C1, C2, joista C2 on korkealuokkaisin. Rataluokalla ilmaistaan minkälainen liikenne rataosalla sallitaan.

**Ratapenkereellä** tarkoitetaan radan rakennekerroksista ja mahdollisesta pengertäyttestä koostuvaa rakennetta.

**Tukikerroksella** tarkoitetaan rakennetta, joka pitää raiteen geometrisesti oikeassa asemassa ja asennossa, jakaa kuormia alusrakenteelle ja muodostaa raiteelle tasaisen ja kantavan alustan.



## Esitystapa

Tässä tuotevaatimuksessa vaatimusteksti ja ohjetekstit ovat eroteltu tekstissä. Tässä julkaisussa vaatimusteksti on normaalilla fontilla ja asettelulla. Ohjeteksti on sisennettynä kursiivifontilla. Seuraavassa on esitetty esimerkit vaatimustekstistä ja ohjetekstistä:

Vaatimustekstin esittämistapa:

Este tulee toteuttaa mahdollisimman korkeana huomioon ottaen suurin sallittu maksimikorkeus sekä vaatimus matalan meluesteen madallettavuudesta.

Ohjetekstin esittämistapa sisennettynä kursiivilla:

***Ohje:** Matala melueste soveltuu kohteisiin, joissa meluseinälle ei ole riittävästi tilaa, maasto-olosuhteet eivät mahdollista sen perustamista järkevin kustannuksin, tai meluseinä korkeutensa ja peittävyytensä vuoksi soveltuu huonosti ympäristöön.*

# 1 Yleiset vaatimukset

Liikenneviraston ratahankkeissa käytetään matalien meluesteiden suunnittelussa ja rakentamisessa tätä tuotevaatimusta. Tuotteen toimittaja osoittaa, että tuote täyttää sille asetetut vaatimukset.

Tämä tuotevaatimus sisältää sijaintipaikan valinnan, mitoitusperusteet ja muut laatuvaatimukset, mutta ei kuvaa esteen vaikutusta melutasoon. Sen jälkeen, kun matalan meluesteen riittävyys melutason vaimentamiseen on todettu, tätä julkaisua voidaan käyttää laatuvaatimuksena urakassa, joka sisältää suunnittelun.

Suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan voimassa olevia normeja, ohjeita ja standardeja sekä rakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia.

Matala melueste ei saa estää radalla työskentelyä, radalla tehtäviä kunnossapito- tai huoltotöitä, vaihteelle pääsyä tai lumen poistamista radalta. Matalissa meluesteissä tulee olla suljettavilla porteilla varustetut aukot radalla työskentelyä tai radalla tehtäviä kunnossapito- tai huoltotöitä varten.

Matala melueste tulee olla purettavissa kokonaan esimerkiksi ratapölkkyjen vaihdon tai raidesepelin seulonnan ajaksi.

## 2 Tila-, muoto- ja ulkonäkövaatimukset

### 2.1 Sijoittaminen ratapoikkileikkaukseen ja esteen tilavaraus

Este tulee toteuttaa mahdollisimman korkeana huomioon ottaen suurin sallittu maksimikorkeus sekä vaatimus matalan meluesteen madallettavuudesta (ks. kappale 4.2).

Esteen tulee soveltua sijoitettavaksi myös raiteiden väliseen tilavaraukseen, tai esteestä on suunniteltava erillinen tähän soveltuva versio.

Matalan meluesteen sijoitus sillan kohdalla suunnitellaan tapauskohtaisesti. Meluesteen asentaminen ei saa rikkoa tai puhkaista siltakannen vedeneristysrakenteita.

***Ohje:** Matala meluste voidaan sijoittaa sillalla vaihtoehtoisesti sillan kannelle tukikerroksen päälle tai reunapalkin päälle.*

Matalan meluesteen enimmäiskorkeus kiskon selästä mitattuna on 850 mm, jolloin asennustoleranssi (+0 mm–20 mm).

Suoralla rataosalla ja ulkokaarteessa, kun meluste on madallettavissa, enimmäiskorkeus kiskon selästä mitattuna on 1050 mm, jolloin asennustoleranssi on (+0 mm–20mm).

Este tai mikään sen osa tai esteen verhouksen osa ei saa sen käyttöään aikana sijaita aukean tilan ulottuman (ATU) sisäpuolella. ATU:a koskevat vaatimukset ovat voimassa myös radan kaarteessa ja kallistuksessa.

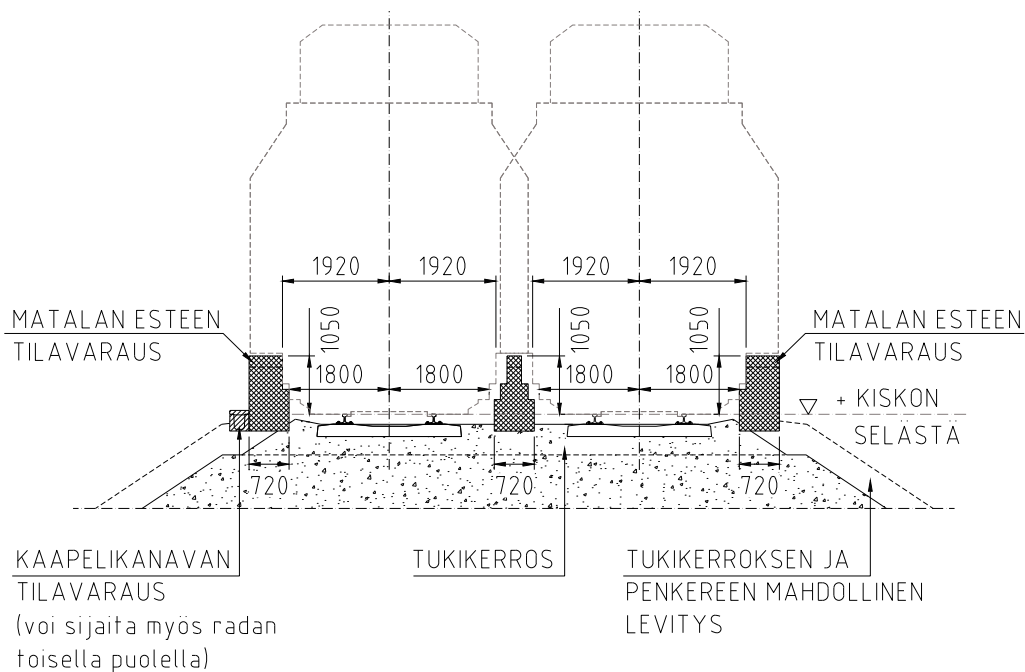
***Ohje:** Kaarteessa ja kallistuksessa esteen tilavaraus siirtyy kauemmaksi radan keskilinjasta.*

Esteen perustuksen ja ratapölkyn väliin on jätävä vähintään 500 mm tilaa tukikerrokselle (raidesepeliä).

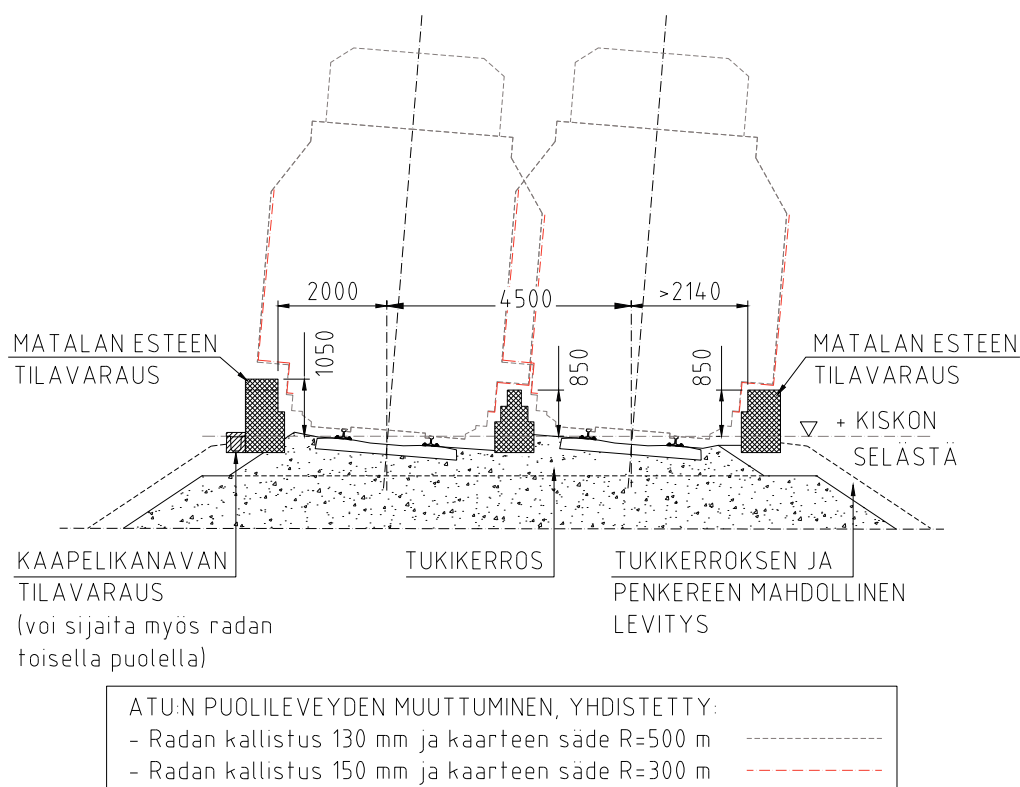
Matala meluste ei saa estää radan kuivatusjärjestelmän toimintaa.

Matalan meluesteen tilavaraus suoralla rataosuudella tulee olla kuvien 2 ja 4-7 mukainen.

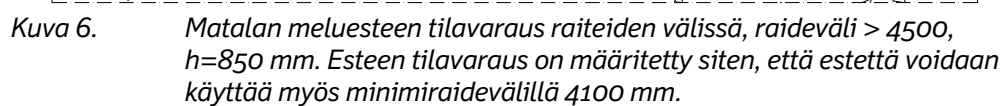
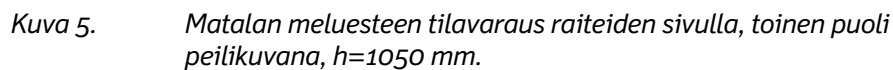
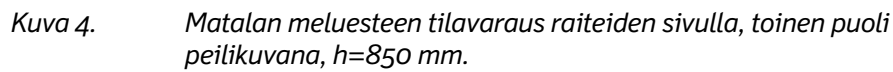
Matalan meluesteen tilavaraus kaarteessa ja kallistuksessa tulee olla kuvien 3, 4 ja 6 mukainen.

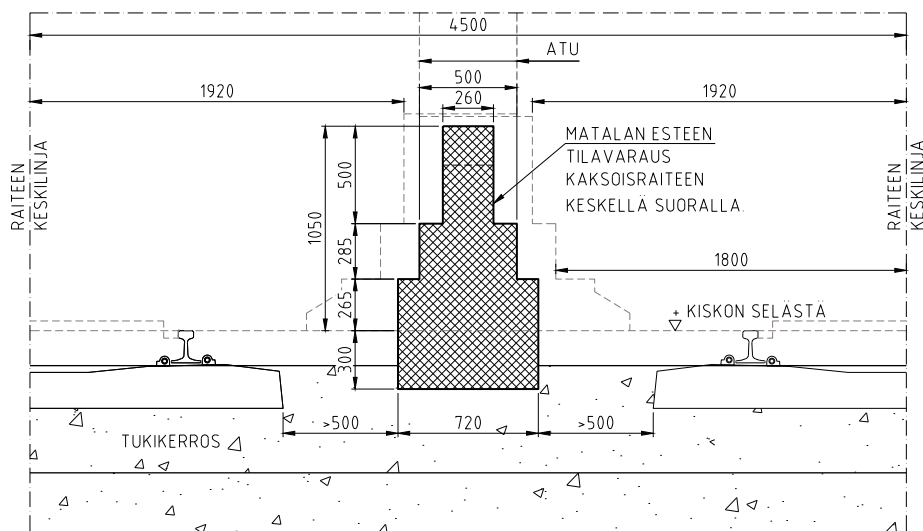


Kuva 2. Matalalle melusteelle varattu tila suoralla rataosuudella (ei mittakaavassa).



Kuva 3. ATUn puolileveyden ja matalan meluesteen tilavaraus kaarteessa ja kallistuksessa (ei mittakaavassa).





Kuva 7. Matalan meluesteen tilavaraus raiteiden välillä, raideväli > 4500,  $h=1050$  mm. Esteen tilavaraus on määritetty siten, että estettä voidaan käyttää myös minimiraidevälillä 4100 mm.

## 2.2 Elementtien pituus ja paino

Yksittäisen melueste-elementin maksimimassa on enintään 3000 kg.

**Ohje:** Melueste-elementin maksimipituus ja massa määräytyvät käytettävissä olevan nostokaluston kapasiteetin mukaan.

## 2.3 Esteen madaltaminen

Yli 850 mm nimelliskorkeuden melueste on madallettavissa erityiskuljetuksia, huoltotöitä tai muita erityistilanteita varten siten, että este ei estä kuljetuksia tai huoltotöitä. Esteen perusta-elementti jää madallettaessa paikoilleen. Koko este on madallettavissa tai purettavissa tarvittaessa esimerkiksi raidesepelin seulonnan ajaksi.

## 2.4 Esteen huolto- ja kulkuaukot

Matalissa meluesteissä tulee olla huolto- ja kulkuaukot onnettomuustilanteita ja kunnossapitoa varten.

**Ohje:** Kulkuaukot tulee toteuttaa siten, että raiteen puolella meluestettä etäisyys kulkuaukolle on korkeintaan 100 metriä.

Huolto- ja kulkuaukot, joita käytetään hätäpoistumisteinä, on merkittävä näkyvästi siten, että ne erottuvat selvästi radan puolella ja ovat helposti havaittavissa myös onnettomuustilanteissa. Huolto- ja kulkuaukot eivät saa sekoittua radan opastimiin tai muihin rakenteisiin. Huolto- ja kulkuaukkojen tulee olla huomaamattomia radan ulkopuolelta katsoen ilkeiden ehkäisemiseksi.

Matalissa meluesteissä tulee olla suljettavilla porteilla varustetut kulkuportit onnettomuustilanteita varten. Portti ei avattuna ulotu ATU:n sisäpuolelle.

Matalan meluesteen rakenteen tulee olla sellainen, että sen päälle voi astua.



## 2.5 Esteen ulkonäkö ja muoto

Matalan meluesteen päälle tulee voida astua.

Matalan meluesteen on oltava materiaaleiltaan, muodoltaan rakenteellisesti selkeä ja tarkoituksenmukainen. Siinä ei saa olla helposti irtoavia tai rikkoutuvia osia tai ulokkeita, jotka kinostavat lunta raiteen suuntaisesti.

**Ohje:** Kahden erikorkuisen este-elementin liitoskohta voidaan toteuttaa joko porrastamalla tai viistolla liitoselementillä.

Melueste suunnitellaan materiaaleiltaan, muodoltaan ja väritykseltään siten, että se soveltuu ympäristöönsä.

## 2.6 Ilkivalta

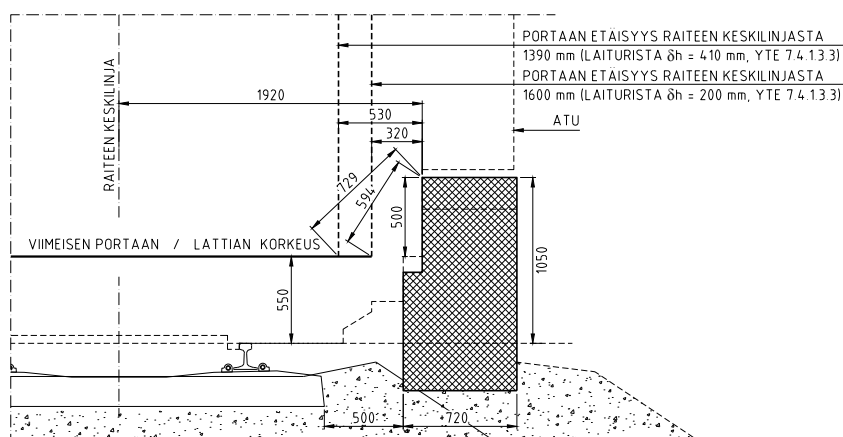
Matalat meluesteet suunnitellaan kestämaan ilkivaltaa. Melueste tulee toteuttaa siten, että se ei ole madallettavissa helposti yhden ihmisen toimesta ilkivaltatarkoituksessa. Esteen maalattujen rakenteiden pitää olla päälle maalattavissa ja materiaalien tulee kestää turmeltumatta käsittely töhrynsuoja-aineella ja töhrynpistoaineella. Esteen kulkuaukot tulee varustaa suljettavilla porteilla. Porttien tulee olla huomaamattomia radan ulkopuolelta katsoen ilkivallan ehkäisemiseksi.

**Ohje:** Melusteiden ilkivallalta suojaamisen suunnittelu on ohjeistettu Liikenneviraston ohjeessa Tien melusteiden suunnittelu 30.9.2010. Matalassa melusteessä voidaan käyttää töhrimisen vaikeuttamiseksi verhoilua, joka kiinnitetään este-elementtiin tai esimerkiksi töhrimistä vaikeuttavaa suojaverkkoa.

## 2.7 Onnettomuustilanteet

Matalissa melusteissa tulee olla suljettavilla porteilla varustetut kulkuportit onnettomuustilanteita varten. Hätäpoistumisteiden tulee erottua selkeästi muusta esteestä.

Matalan meluesteen rakenteen tulee olla sellainen, että sen päälle voi astua.



Kuva 8. Onnettomuustilanteessa poistumiseen tarkoitettun portaan etäisyys junasta, jos esteen korkeus kiskon pinnasta on 1100 mm (ei mittakaavassa).

## 3 Rakenteen laatuvaatimukset

### 3.1 Perustaminen

Perustusten mitoituksessa noudatetaan Eurokoodin soveltamisohjetta Geotekninen suunnittelu NCCI 7 /16/ sekä Sivukuormitettujen pylväsperustusten suunnitteluohjetta /24/.

Perustuksena voidaan käyttää maanvaraista anturaperustusta tai paaluperustusta. Perustukset eivät saa siirtyä ATUn alueelle esteen käyttöön aikana.

Melueste-elementtien väliin eikä esteen ja radan päällysrakenteen tai maanpinnan väliin saa jäädä rakoja, jotka voivat heikentää esteen meluntorjuntaominaisuuksia.

*Ohje: Matalan meluesteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon kaapelit ja niiden sijoittaminen sekä ottaa huomioon ja suunnitella mahdollinen radan tukikerroksen ja penkereen levitystarve (kuva 2-4).*

### 3.2 Materiaalit

#### 3.2.1 Yleiset materiaalivaatimukset

Matalan meluesteen materiaalien tulee olla InfraRYL:n mukaisia. Materiaalien tulee olla kestäviä, täyttää materiaali- ja käyttöikävaatimukset ja niiden tulee olla ulkoilmaan soveltuvia ja säänkestäviä sekä niiden tulee olla valittuja niin, että ne kestävät ilkivaltaa.

Materiaalien on kestävä UV-säteilyä.

Materiaalien on oltava sellaisia, ettei niitä voi sytyttää helposti.

Materiaali ei saa kerätä vettä sisäänsä. Tarvittaessa on käytettävä rakenteellista suojausta.

Erilaisia materiaaleja yhdistettäessä niiden erilaiset lämpölaajenemiset on otettava huomioon.

Materiaaleista ei saa rakentamisen aikana ja käytön aikana liueta tai irrota haitallisia aineita.

Materiaalien tulee mahdollisuuksien mukaan olla kierrätettäviä. Käytetyn materiaalin hävittämis- ja uusiokäyttömahdollisuuksista on annettava selvitys.

Materiaalien tulee olla tavanomaisilla menetelmillä kunnossapidettäviä. Esteen raiteen puoleisen pinnan tulee olla materiaaaliltaan mahdollisimman vähän huoltoa vaativa.

Materiaaleista tai esteen rakenteista ei saa irrota osia niiden käyttöön aikana.

Polykarbonaatti ei ole sallittu rautateiden meluesteissä.

### 3.2.2 Betonirakenteet

Matalien meluseinien betonirakenteidensuunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan voimassa olevaa standardia SFS-EN 1992-1-1 /12/ sekä Eurokoodin soveltamisohjetta NCCI 2 /12/.

Betonirakenteiden rasitusluokat rataympäristössä ovat XC (Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio) ja XF (Jäädytys/sulatusrasitus). Betonirakenteiden vähimmäisvaatimuksina ja rasitusluokkina sovelletaan Eurokoodin soveltamisohjeen NCCI 2 /12/ taulukossa 4.3 rakennusosalle Ro40 asetettuja vaatimuksia.

### 3.2.3 Teräsrakenteet

Matalien meluesteiden teräsrakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan voimassa olevaa teräsrakenteiden suunnittelustandardia SFS-EN 1993-1-1 /8/ sekä Liikenneviraston julkaisema toteutusstandardin SFS-EN 1090-2 /2/ soveltamisohjetta NCCI T /13/ ja Eurokoodin sovellusohjetta NCCI 4 /14/.

Rakenneteräksen teräslujuuden on vastattava vähintään lujuutta S235 ja teräksen laatuokka on vähintään J2G2.

Teräsrakenteiden pintakäsittelynä käytetään joko InfraRYL taulukon 42050:T2 mukaisista kuumasinkitystä /25/ tai ilmastorasitusluokkaan C3 soveltuvaa uudisrakenteiden maalausjärjestelmää. Liikenneviraston käyttämät maalausjärjestelmät eri ilmastorasitusluokille on esitetty SILKO 3.351 -ohjeessa /21/.

### 3.2.4 Puurakenteet

Meluesteen puurakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa noudatetaan voimassa olevaa Eurokoodien mukaista suunnittelustandardia SFS-EN 1995-1-1 /9/ ja Eurokoodin soveltamisohjetta NCCI 5 /15/.

Kyllästetyn puutavaran on täytettävä standardin SFS-EN-351-1 kyllästysluokan A vaatimukset /1/. Kyllästetyssä puussa on käytettävä haponkestäviä kiinnikkeitä.

*Ohje: Puurakenteita ei suositella käytettäväksi matalien meluesteiden rakenteissa.*

### 3.2.5 Läpinäkyvät tai heijastavat rakenteet

Meluesteessä ei saa käyttää voimakkaasti valoa heijastavia materiaaleja niistä aiheutuvan häikäisyvaaran vuoksi. Heijastavien materiaalien käyttö on sallittua hätäpoistumistien kohdalla.

*Ohje: Läpinäkyviä rakenteita ei suositella käytettäväksi matalien meluesteiden rakenteissa.*

### 3.2.6 Muut materiaalit ja kierrätysmateriaalit

Muiden materiaalien (esimerkiksi uusiomateriaalit) käyttö on hyväksyttävä Liikennevirastolla. Valmistajan on tällöin osoitettava matalalle meluestelle asetettujen vaatimusten täyttyminen.

### 3.3 Käyttöikä

Matalan meluesteen materiaalivalintojen perusteena ovat seuraavat InfraRYL -kohdassa 45110.01 esitetyt /25/ rakenteellisen suunnittelukestojen vaatimukset:

- perustukset ja kantavat rakenteet 50 vuotta
- vaihdettava puurimoitus, ääntä imevä huokoinen materiaali ja sauma-aineet 15 vuotta
- mahdolliset läpinäkyvät osat 20 vuotta.

*Ohje: Rakenneosat, joiden kestoikävaatimus on vähemmän kuin 30 vuotta, on suunniteltava helposti vaihdettavaksi.*

### 3.4 Kuormitusten kestävyys

#### 3.4.1 Yleiset vaatimukset kuormitusten kestävyydelle

Matalan meluesteen on kestävä siihen vaikuttavat kuormat murtumatta. Muodonmuutosten ja siirtymien on pysyttävä vaadituissa rajoissa. Esteen mitoitus tehdään voimassa olevien Eurokoodien ja Liikenneviraston julkaisemien Eurokoodien soveltamisohjeiden mukaisesti.

Matala melueste mitoitetaan maanpaineelle, tuulikuormalle, auraslumikuormalle, junan painekuormalle ja iskunkestävyydelle. Eri kuormitustapausten kuormitusyhdistelyt ja kuormien osavarmuuskertoimet määritetään Liikenneviraston ohjeen NCCI 1: Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet /11/ Liitteen 1 mukaisesti.

#### 3.4.2 Maanpaine

Meluesteeseen ja sen perustukseen vaikuttava maanpaine lasketaan lepopaineena ohjeiden NCCI 7: Geotekninen suunnittelu /16/ ja Sillan geotekninen suunnittelu /22/ mukaisesti. Maanpaineeseen otetaan huomioon ratarakenteen omapainosta ja liikenteen tasaisesta pintakuormasta 20 kN/m<sup>2</sup> aiheutuva maanpaine sekä ympäristäytöjen tiivistyksestä aiheutuva lepopaineen lisäys eli tiivistyslisä.

#### 3.4.3 Tuulikuorma

Tuulikuorma lasketaan SFS-EN 1991-1-4 /5/ mukaisesti käyttäen tuulen modifioimattomaa perusarvoa 21 m/s.

#### 3.4.4 Junan painekuorma

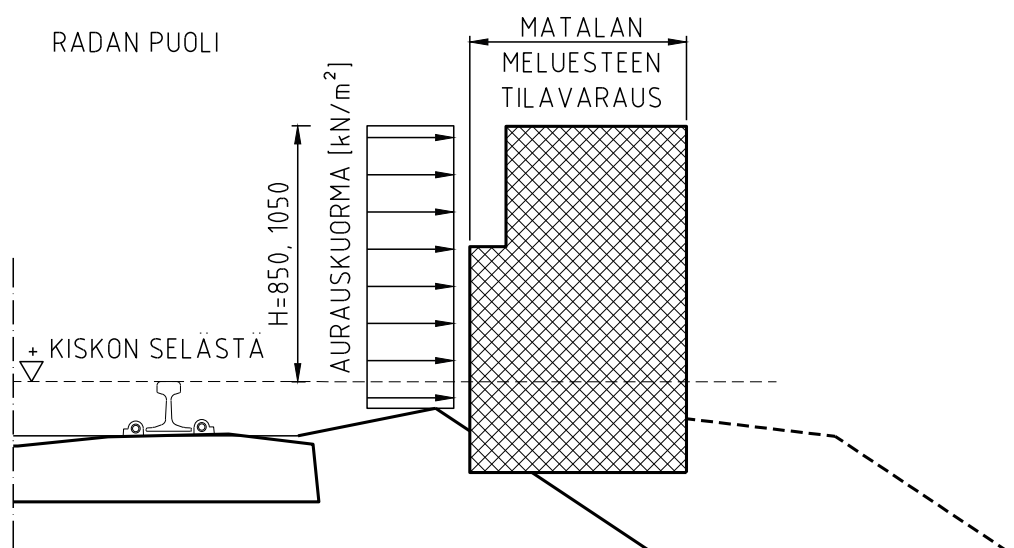
Painekuorman määrittämisessä noudatetaan SFS-EN 1991-2:n /3/ kohtaa 6.6.2 Yksinkertaiset raiteen suuntaiset pystypinnat. Junan mitoitusnopeutena käytetään 250 km/h. Esteen molemmissa päissä vähintään 5 m:n matkalla painekuorman vaatimusero on kerrottava dynaamisella suurennuskertoimella 2,0. Tämä vastaa suurimmillaan noin 2,5 kN/m<sup>2</sup> painekuormaa. Laskennassa junan muodon oletetaan olevan aerodynaamisesti mahdollisen epäedullinen.

Tuulikuorma voi esiintyä samanaikaisesti junan painekuorman kanssa. Kuormien yhdistelyssä noudatetaan Sivukuormitettujen pylväspäristysten suunnitteluohjetta /24/. Junapaine ja -imu voi esiintyä samanaikaisesti esteen molemmin puolin, kun este on sijoitettu kahden raiteen väliin.

### 3.4.5 Aurauslumikuorma

Aurauskuorma mitoitetaan standardin SFS-EN 1794-1 /10/ ja sen liitteen E mukaisesti. Aurauskaluston nopeutena käytetään 60 km/h, mikä aiheuttaa 15 kN aurauskuorman jakautuen 2 m \* 2 m alalle sijoittuen esteen epäedullisimpaan kohtaan.

Radan reunalla aurauskuorma ei esiinny samanaikaisesti tuuli- tai junan painekuorman kanssa samaan meluesteeseen. Kahden raiteen väliin asennettuun meluesteeseen voi kuitenkin vaikuttaa samanaikaisesti sekä aurauskuorma että esteen vastakkaiselta puolelta ohittavan junan aiheuttama imukuorma.



Kuva 9. Aurauslumikuorman määrittelyminen matalalle esteelle.

### 3.4.6 Iskunkestävyys

Pistemäinen iskunkestävyys valmiille esteelle ja sen osille on vähintään 0,12 kNm [=120 kJ]. Vaatimuksen mukaisella kuormituksella esteeseen ei saa syntyä lommoa tai halkeamaa suurempaa vahinkoa. Materiaalien iskunkestävyys määritetään standardin SFS-EN 1794-1 liitteen C mukaisesti /10/.

*Ohje:* Vaatimuksen mukaisen iskunkestävyyden omaavia materiaaleja ovat mm. betoni, 1,2 mm paksuinen teräslevy sekä 1,2 mm paksuinen alumiini-levy.

### 3.4.7 Lumikuorma

Matalan meluesteen on kestävä esteen oma massa ja lumen paino. Lumikuorma määritellään standardin SFS-EN 1991-1-3 /4/ mukaisesti.

### 3.4.8 Lämpötilan muutoksen aiheuttama kuormitus

Matalan meluesteen on kestävä lämpötilan muutoksesta aiheutuva kuormitus rakenteeseen. Lämpötilakuormien mitoituksessa noudatetaan standardia SFS-EN 1991-1-5 /6/.

### 3.4.9 Kuormitusten aiheuttamat siirtymät ja muodonmuutokset

Este ei saa siirtyä tai kallistua missään vaiheessa ATU:n sisäpuolelle, liukua paikaltaan tai siirtyä merkittävästi suhteessa ratageometriaan. Siirtymän ja kiertymän raja-arvoina käytetään Sivukuormitettujen pylväasperustusten suunnitteluohjeen /24/ kohdassa 2.3.1 rautatien pylväasperustuksen raja-arvoja.

Esteeseen ei saa tulla pysyviä rakenteellisia muodonmuutoksia kuormituksen takia.

### 3.4.10 Roudan aiheuttamat siirtymät ja muodonmuutokset

Esteeseen ei saa tulla pysyviä rakenteellisia muodonmuutoksia tai siirtymiä roudan takia.

## 3.5 Kaapelikanavat

Matala melueste ei saa estää ohjeessa Kanavaelementit ja kansielementit /26/ esitetyn tyyppikaapelikanavan sijoittamista meluesteen ja sähköratapylväiden väliin tai vaihtoehtoisesti meluesteessä on oltava em. ohjeessa esitettyä kaapelikanavaa vastaava tila kaapeleille.

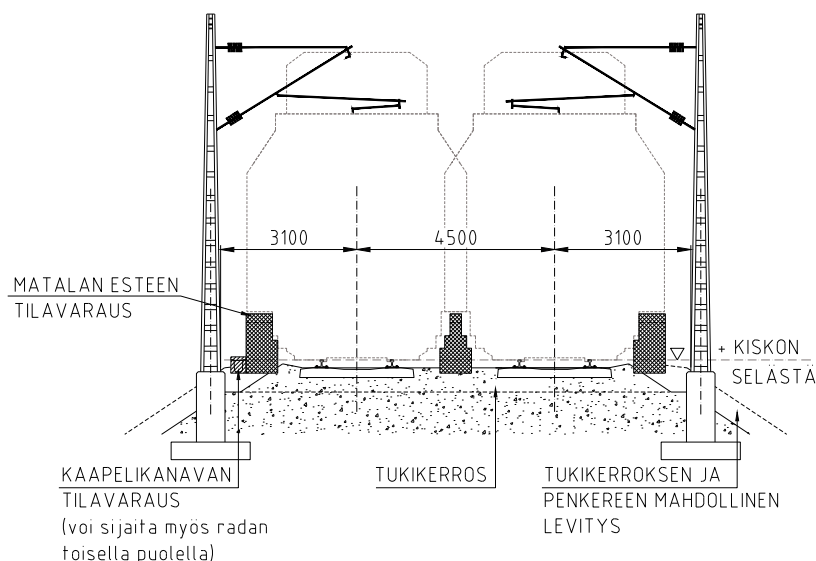
Matala melueste ei saa haitata kaapelikanavien käyttöä. Mikäli kaapelikanava on integroitu meluesteeseen, on elementeissä oltava kaapeleiden läpiviennin mahdollisuus.

Este on voitava madaltaa siten, ettei kaapelointi vaurioidua.

Kaapeleille varatun tilan on sijaittava aina kokonaan ATU:n ulkopuolella.

Matala melueste ja kaapelikanava on pystyttävä sijoittamaan ratajohtopylvään ja radan väliin jäävälle alueelle.

**Ohje:** Suositus ratajohtopylvään etäisyydelle radan keskilinjasta on 3100 mm, mutta RATO 2:ssa (W) sallitaan vaikeissa tapauksissa pylväiden sijoitus lähemmäs rataa. Tämä tulee ottaa huomioon estettä suunniteltaessa.



Kuva 10. Matalan esteen ja kaapelikanavan sijoittuminen ratajohtopylvään kohdalla.

## 3.6 Sähköturvallisuus

*Ohje: Meluesteen rakenne ja sijainti tulee suunnitella siten, etteivät ne aiheuta sähköturvallisuusriskejä.*

Sähköistytyn suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvissä töissä noudatetaan ohjetta Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5 Sähköistetty rata /18/ ja radan käyttöön, radalla työskentelyyn liittyvää julkaisua Sähköturvallisuusohjeet /23/.

## 3.7 Maadoitus

### 3.7.1 Yleiset vaatimukset maadoittamiselle

Matala melueste on suunniteltava maadoitettavaksi. Matalan meluesteen maadoituksen suunnittelussa noudatetaan Liikenneviraston ohjetta 13/2010 Rautateille tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu /20/ sekä RATO 5: Sähköistetty rata -ohjetta /18/.

Sähköturvan läheisyydessä maadoittamista edellyttävällä alueella sijaitseva melueste maadoitetaan paluuvirtapiiriin /20/.

Maadoitusjohdin on liitettävä joko ratajohtopylvääseen tai paluuvirtapiiriin kiskoon maadoitusjohtimella.

## 3.8 Akustiset laatuvaatimukset

Matalien meluesteiden akustisiin ominaisuuksiin sovelletaan ensisijaisesti ratojen meluesteille laadittuja voimassa olevia EN-standardia, jos ne ovat sovellettavissa matalille meluesteille.

*Ohje: Matalien meluesteiden akustisten ominaisuuksien osoittamiseen tarkoitettu EN-standardi on valmisteluvaiheessa (tilanne 9/2017). Matalien meluesteiden akustiset laatuvaatimukset kirjoitetaan tähän tuotevaatimukseen em. standardin julkaisemisen jälkeen.*

Esteen tulee täyttää akustiset laatuvaatimukset raiteiden puoleisella sivullaan. Jos este asennetaan raiteiden väliin, sen tulee täyttää akustiset laatuvaatimukset molemmilla sivuillaan.

Matalan meluesteen este-elementtien saumat ja esteen ja ratarakenteen välinen sauma ovat tiiviit, eivätkä heikennä esteen meluntorjuntaominaisuuksia.

Matalan meluesteen huolto- ja kulkuporttien materiaalin ääneneristävyysvaatimus on sama kuin itse meluesteellä.

Akustisten laatuvaatimusten täyttyminen tulee osoittaa voimassa olevien standardien mukaisilla testaustuloksilla.

Meluesteen toimittaja on vastuussa meluesteen akustisten laatuvaatimusten täyttymisen osoittamisesta.

Mikäli matalan meluesteen suojausvaikutus perustuu diffraktioon, sen akustinen toimivuus on osoitettava tapauskohtaisesti.

## 4 Rakennesuunnitelman vaatimukset

### 4.1 Yleiset vaatimukset suunnitelmille

Suunnittelussa noudatetaan voimassa olevia normeja, ohjeita ja standardeja sekä rakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia. Suunnittelua koskevien ohjeiden voimassa olevat versiot tarkistetaan Liikenneviraston ohjelueettelosta.

Toimittajan on laadittava matalista meluesteistä yksityiskohtainen rakennesuunnitelma, jossa on osoitettu rakenteen täyttävän näissä tuotevaatimuksissa esitetyt laatuvaatimukset. Nämä tuotevaatimukset menevät pätevyysjärjestyksessä rakennesuunnitelman edelle, mikäli niissä on ristiriitaisia kohtia. Rakennesuunnitelmassa on esitettävä ohjeet, normit ja standardit, joihin suunnitelma perustuu.

Rakennesuunnitelman tulee sisältää:

- yleispiirustus
- elementtirakenteiden piirustukset
- materiaalien laatuvaatimukset
- rakenteelliset ja geotekniset mitoituslaskelmat
- maadoitusohje ja -piirustus
- määräluettelo
- asennusohjeet ja -piirustukset
- kunnossapito- ja huolto-ohjeet
- materiaalien kierrätysohjeet.

### 4.2 Yleispiirustus

Rakennussuunnitelman yleispiirustuksessa on esitettävä meluesteen sijoittaminen radan tasopiirustukseen ja poikkileikkauksiin, esteen julkisivupiirros sekä esteen perustamistapa.

Yleistiedoissa esitetään:

- käytettävät materiaalit ja kiinnikkeet
- suunnittelukäyttöikä, -kuormat ja rasitusluokat
- ympäristörasitusluokka
- seuraamusluokka, toteutusluokka, toleranssiluokka
- piirustusluettelo
- maininta laatuvaatimuksista ja maadoituksesta
- maalattavien pintojen värisävyt
- pintojen käsittely esim. töhrynsuojaus tai teräsosien korroosiosuojaus.

Tasopiirustuksessa esitetään:

- esteen moduliako
- eri elementtien sijoittuminen esteessä ja nimeäminen
- esteen mitat
- kaapeleiden sijoittuminen ja läpivienti esteestä
- esteen etäisyys radan keskilinjasta
- radan päällysrakenne
- muut ratarakenteet meluesteen läheisyydessä
- perustusten mitat
- jatkokset ja saumat
- luiskat.



Ratapoikkileikkauksessa esitetään:

- esteen mitat
- esteen sijoittuminen radan poikkileikkauksiin kaarteessa, suoralla ja kiskojen välissä
- esteen etäisyys radan keskilinjasta
- esteen korkeusasema Kv-tasoon
- esteen sijoittuminen raiteiden väliin
- esteen madaltaminen
- kaapeleiden sijoittuminen ja läpivienti esteestä
- ATU-kuvion ääriiviivat raiteen kallistus ja kaarrelevitys huomioonotettuna.

Julkisivupiiroksessa esitetään:

- esteen korkeusasema Kv-tasoon
- esteen julkisivumateriaalit
- esteen modulijako
- esteen väri.

Perustamispiirustuksessa esitetään:

- perustamistapa ja -rakenteet mittoineen, muotoineen ja materiaalitietoineen
- perustusten korkeusasema Kv-tasoon nähden
- perustamistavan vaikutukset ratapenkereeseen
- rakennekerrokset mittoineen
- luiskat.

Siltojen kohdalla suunnitelmissa esitetään lisäksi:

- sillan kuivatus matalan meluesteen kohdalla,
- meluesteen perustamistapa sillalla
- jos melueste asennetaan kiinteästi sillan kaiteeseen esitetään lisäksi
  - meluesteen kiinnitys sillan kaiteeseen
  - millainen korotusosa kaiteeseen tehdään, jotta sillan kaiteen korkeusvaatimus täyttyy.

## 4.3 Elementtirakenteiden piirustukset

Elementtirakenteiden piirustuksissa esitetään

- elementtien nimeäminen
- elementtien mittapiirustus
- jatkokset, liitosrakenteet ja kiinnikkeet
- varusteet ja läpiviennit
- betonielementtien raudituspiirustukset
- teräsvarusteiden osa- ja kokoonpanopiirustukset
- osaluettelot
- valmistusta koskevat erityishuomiot
- ulkonäköä ja pintakäsittelyä koskevat vaatimukset
- toteutus- ja toleranssiluokka
- käytettävät materiaalit
- elementin paino
- nostokohdat ja -lenkit
- nostoa ja tuentaa koskevat vaatimukset
- valmistus- ja asennustarkkuusvaatimukset
- betonimassan vaatimukset
- betonin lujuusvaatimus nostettaessa tai siirrettäessä
- betonipeitteet ja korroosiovarat
- pintojen laatuluokat ja pintakäsittelyt
- suunnittelukäyttöikä
- rasitusluokat
- mitoituskuorma.

## 4.4 Materiaalien laatuvaatimusten esittäminen suunnitelmassa

Rakennussuunnitelmassa esitetään laatuvaatimukset matalien meluesteiden materiaaleille pohjautuen tähän tuotevaatimukseen sekä muihin voimassaoleviin ohjeisiin, standardeihin ja normeihin.

Rakennussuunnitelmassa esitetään lisäksi mitä todistuksia ja testaustuloksia vaaditaan matalan meluesteen akustisten vaatimusten täyttymisen osoittamiseksi.

## 4.5 Rakenteelliset ja geotekniset mitoituslaskelmat

Matalien meluesteiden rakenteellisissa ja geoteknisissä mitoituslaskelmissa on esitettävä:

- normit, ohjeet, standardit ja lähdekirjallisuus, joihin mitoitus perustuu
- rakennusosien materiaali- ja laskentalujuudet
- muut materiaaliominaisuudet
- rakenneosien mitat
- rakennemalli
- liitokset
- voimasuureet, pysyvät ja muuttuvat kuormat
- mitoitus murtorajatilassa
- käyttörajatilatarkastelut.

## 4.6 Maadoitusohje ja -piirustus

Maadoituspiirustus tehdään noudattaen Liikenneviraston ohjetta 13/2010 Rautateille tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitus suunnittelu /20/ sekä RATO 5: Sähköistetty rata -ohjetta /8/.

## 4.7 Määräluettelo

Määräluettelossa esitetään eri rakenneosien määrät:

- Perustukset
- Yläpuolinen rakenne
- Varusteet ja laitteet.

## 4.8 Asennusohjeet ja asennuspiirustus

Asennusohjeissa ja -piirustuksissa esitetään esteen:

- asennustyön kannalta tarvittavat tasopiirustukset, pituusleikkaukset ja poikki-leikkaukset
- elementtiin liittyvät asennus- ja nostotöiden työturvallisuusohjeet sähköistetyssä rataympäristössä
- tuotteen varastointiohjeet
- nostoissa tarvittava nostokalusto ja nostoapuvälineet
- kuorman purku, vastaanotto ja varastointi
- elementtien asennusjärjestys
- asennuksen aikainen tuenta ja vähimmäistukipinnat
- elementtien kokoaminen ja pintakäsittely työmaalla sekä liitokset ja saumaus
- asennustoleranssit ja seurantamittaukset
- asennuksessa tarvittavat työtasot ja putoamissuojaukset.

## 4.9 Kunnossapito- ja huolto-ohjeet

Kunnossapito- ja huolto-ohjeissa esitetään:

- ohjeet rikkoutuneen tai käytöstä poistettavan tuotteen hävittämiseksi ja kierrättämiseksi
- esteen madaltamisesta periaatepiirros.

## 4.10 Materiaalien kierrätysohjeet

Esteen mukana on annettava selvitys käytetyn materiaalin hävittämisen- tai uusiokäyttömahdollisuuksista.

## 5 Laadun osoittaminen

Matalien meluesteiden laadunvarmistus ja laadun dokumentointi perustuu toimittajan laatujärjestelmään ja urakkakohtaiseen laatusuunnitelmaan. Toimittajan osoittaa tilaajalle laatudokumentointinsa avulla, että matalien meluesteiden valmistus, kuljetus ja varastointi projektilla ovat laatusuunnitelmassa ja -järjestelmässä kuvatun mukaiset.

Rakenne- ja materiaalivaatimusten täyttyminen osoitetaan vaatimusten mukaisilla menetelmillä voimassa olevien standardien mukaisesti.

Tilaaja ei itse järjestelmällisesti mittaa tuotevaatimusten täyttymistä, vaan tarkastelu suoritetaan silmämääräisen tarkastelun ja toimittajan raportoinnin avulla. Mikäli tarkastuksissa osapuolten näkemykset eroavat siten, ettei poikkeamien laadusta päästä yhteisymmärrykseen, turvaudutaan tällöin poikkeaman mittaamiseen.

Matalien meluesteiden toimituksen aikana tilaaja voi tehdä pistokoeluonteisia laatumittauksia. Näiden mittausten tarkoituksena on varmistaa toimittajan laatumittausten luotettavuus ja paikkansapitävyys. Mahdollisista pistokoeluonteisista laatumittauksista informoidaan toimittajaa.

Melueste-elementit, jotka eivät täytä laatuvaatimuksia, korvataan uusilla meluetelementeillä.

Kaikki kelpoisuusaineisto luovutetaan tilaajalle digitaalisessa muodossa sekä paperikopioina kansioituna (1 kansio).

Taulukko 1. Yhteenvedo matalan meluesteen tuotevaatimuksista

Ominaisuus	Laatuvaatimus	Laadunvarmistusmenetelmä
<b>Yleiset vaatimukset</b>		
Meluesteen suunnitelmat	Suunnitelmat ovat tuotevaatimusten sekä voimassa olevien ohjeiden ja standardien mukaiset	Suunnitelma ja sen liiteaineistot
Meluete-elementin toteutus	Rakentaminen on tehty suunnitelman, tuotevaatimuksen sekä voimassa olevien ohjeiden ja standardien mukaisesti	Rakentamisen laatu-dokumentaatio
Ulkonäkö	Esteen ulkonäkö on selkeä ja tarkoituksenmukainen	Suunnitelma, silmämääräinen tarkastus
Huolto- ja kulkuaukkojen havaittavuus	Kulkuaukot ovat helposti havaittavia raiteen puolelta ja huomaamattomia radan ulkopuolelta	Suunnitelma, silmämääräinen tarkastus
Radan kuivatus	Meluete ei estä radan kuivatusta	Suunnitelma, silmämääräinen tarkastus
Madallettavuus	Yli 850 mm nimelliskorkeuden este on madallettavissa, madaltaminen ei vaurioita mahdollisia kaapeleita	Suunnitelma, silmämääräinen tarkastus
Työskentely radalla ja radan kunnossapito	Matala meluete ei estä työskentelyä radalla tai kunnossapitoa, este on tarvittaessa purettavissa kokonaan	Suunnitelma, silmämääräinen tarkastus

Ominaisuus	Laatuvaatimus	Laadunvarmistusmenetelmä
Ilkivallan estäminen	Melueste ei saa olla madallettavissa helposti yhden ihmisen toimesta	Suunnitelma, silmä-määräinen tarkastus
<b>Mitat</b>		
Meluesteen mitat, esteen perustusten mitat	Meluesteen mitat ja esteen perustusten mitat ovat suunnitelman mukaiset	Suunnitelma, mittaus
Esteen sijainti suhteessa ATUn	Mikään esteen osa ei sijaitse ATUn sisäpuolella	Suunnitelma, mittaus suoralla, kaarteissa ja kallistuksessa
Kaapelikanavien sijainti ja käyttö	Melueste ei estä tyyppikaapelikanavien toteuttamista, meluesteeseen mahdollisesti integroitu kaapelikanava sijaitsee ATUn ulkopuolella	Suunnitelma, silmä-määräinen tarkastus
Melueste-elementin massa	3000 kg	Suunnitelma, silmä-määräinen tarkastus
Radan päällysrakenteen ja meluesteen sekä melueste-elementtien väliset saumat	Saumat eivät saa heikentää esteen meluntorjunta-ominaisuuksia	Suunnitelma, silmä-määräinen tarkastus
<b>Materiaalit</b>		
Materiaalien ominaisuudet	Materiaalien ominaisuudet ovat suunnitelman ja tuotevaatimuksen mukaiset	Suunnitelma, meluesteessä käytettyjen materiaalien tiedot
Polykarbonaatin käyttö	Esteissä ei ole käytetty polykarbonaattia	Suunnitelma, meluesteessä käytettyjen materiaalien tiedot
Muiden materiaalien (esimerkiksi uusiomateriaalit) käyttö	Materiaalien käytölle on Liikenneviraston hyväksyntä	Suunnitelma, meluesteessä käytettyjen materiaalien tiedot
<b>Käyttöikä ja kestävyys</b>		
Rakenteen kestävyys	Esteen tulee kestää siihen kohdistuvat kuormitukset tuotevaatimuksen mukaisesti	Suunnitelma, silmä-määräinen tarkistus
Pysyvät muodonmuutokset	Pysyviä rakenteellisia muodonmuutoksia ei sallita käyttöikänsä aikana	Suunnitelma
Perustusten ja kantavien rakenteiden käyttöikä	50 vuotta	Suunnitelma
Vaihdettava puurimoituksen, ääntä imevän huokoisen materiaalin ja sauma-aineiden käyttöikä	15 vuotta	Suunnitelma
Läpinäkyvien osien käyttöikä	20 vuotta	Suunnitelma
<b>Vaatimukset rakenteen mitoitukselle</b>		
Matalan meluesteen kuormitustapausten kuormitusyhdistelyt ja osavarmuuskertoimet	NCCI1 liitteen 1 mukaiset	Suunnitelma
Meluesteen mitoittaminen kestävänsä siihen kohdistuvia kuormituksia	Este on mitoitettu tuotevaatimuksen mukaisesti	Suunnitelma
Akustiset ominaisuudet: absorptio ja rakenteen ääneneristävyys	Vaatimukset asetetaan myöhemmin	Mittaustavat määritellään myöhemmin

## Lähteet

### Standardit

- /1/ SFS-EN 351-1 Durability of wood and wood-based products. Preservative-treated solid wood. Part 1: Classification of preservative penetration and retention. Suomen standardoimisliitto SFS. Helsinki 2007.
- /2/ SFS-EN 1090-2 + A1 Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus: Osa 2: teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset. Helsinki 2012
- /3/ SFS-EN 1991-2 + AC, Eurokoodi 1. Rakenteiden kuormat. Osa 2: Siltojen liikennekuormat. Helsinki 2016.
- /4/ SFS-EN 1991-1-3: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. Helsinki 2016.
- /5/ SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. Helsinki 2011.
- /6/ SFS-EN 1991-1-5 + AC, Eurokoodi 1. Rakenteiden kuormat. Osa 1-5: Yleiset kuormat. Lämpötilakuormat. Helsinki 2011.
- /7/ SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC, Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen standardoimisliitto SFS. Helsinki 2015.
- /8/ SFS-EN 1993-1-1 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen standardoimisliitto SFS. Helsinki 2006.
- /9/ SFS-EN 1995-1-1 + A1 + A2 + AC, Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen standardoimisliitto SFS. Helsinki 2015.
- /10/ SFS-EN 1794-1:en. Road traffic noise reducing devices. Non-acoustic performance. Part 1: Mechanical performance and stability requirements. 2011.

### Eurokoodien ja standardien soveltamisohjeet

- /11/ Eurokoodin soveltamisohje Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet - NCCI 1. Liikenneviraston ohjeita 24/2014. ISBN 978-952-255-483-3 (pdf). Helsinki 2014.
- /12/ Eurokoodin soveltamisohje Betonirakenteiden suunnittelu - NCCI 2. Liikenneviraston ohjeita 24/2010. ISBN 978-952-255-579-3 (pdf). Helsinki 2010.
- /13/ Standardin SFS-EN 1090-2 soveltamisohje. Teräsrakenteiden toteutus - NCCI T. Liikenneviraston ohjeita 28/2014. ISBN 978-952-255-494-9 (pdf). Helsinki 2014.

- /14/ Eurokoodin soveltamisohje Teräs- ja liittorakenteiden suunnittelu - NCCI 4. Liikenneviraston ohjeita 27/2016. ISBN 978-952-317-306-4 (pdf). Helsinki 2016.
- /15/ Eurokoodin soveltamisohje Puurakenteiden suunnittelu - NCCI 5. Liikenneviraston ohjeita 25/2013. ISBN 978-952-255-312-6 (pdf). Helsinki 2013
- /16/ Eurokoodin soveltamisohje Geotekninen suunnittelu - NCCI 7. Liikenneviraston ohjeita 35/2013. ISBN 978-952-255-364-5 (pdf). Helsinki 2013.

#### **Ratatekniset ohjeet (RATO)**

- /17/ Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 2, Radan geometria. Liikenneviraston ohjeita 3/2010. ISBN 978-952-255-505-2 (pdf). Helsinki 2010.
- /18/ Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5, Sähköistetty rata. Liikenneviraston ohjeita 21/2013. ISBN 978-952-255-285-3 (pdf). Kuopio 2013.

#### **Liikenneviraston ohjeet**

- /19/ Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO), Liikenneviraston ohjeita 6/2015, ISBN 978-952-317-061-2. (verkojulkaisu pdf). Helsinki 2015
- /20/ Rautateille tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitus suunnittelu. Liikenneviraston ohjeita 13/2010. ISBN 978-952-255-556-4 (pdf). Helsinki 2010.
- /21/ SILKO 3.351: Uudis- ja uusintamaalauksen maalausjärjestelmät, Liikennevirasto. Kuopio 2015.
- /22/ Sillan Geotekninen suunnittelu sillat ja muut taitorakenteet. Liikenneviraston ohjeita 11/2012. ISBN 978-952-255-143-6 (pdf). Helsinki 2012.
- /23/ Sähkörataohjeet, Liikenneviraston ohjeita 7/2016, ISBN 978-952-317-209-8 (pdf). Helsinki 2016
- /24/ Sivukuormitettujen pylväasperustusten suunnitteluohje, Liikenneviraston ohjeita 32/2016, ISBN 978-952-317-334-7 (pdf). Helsinki 2016.

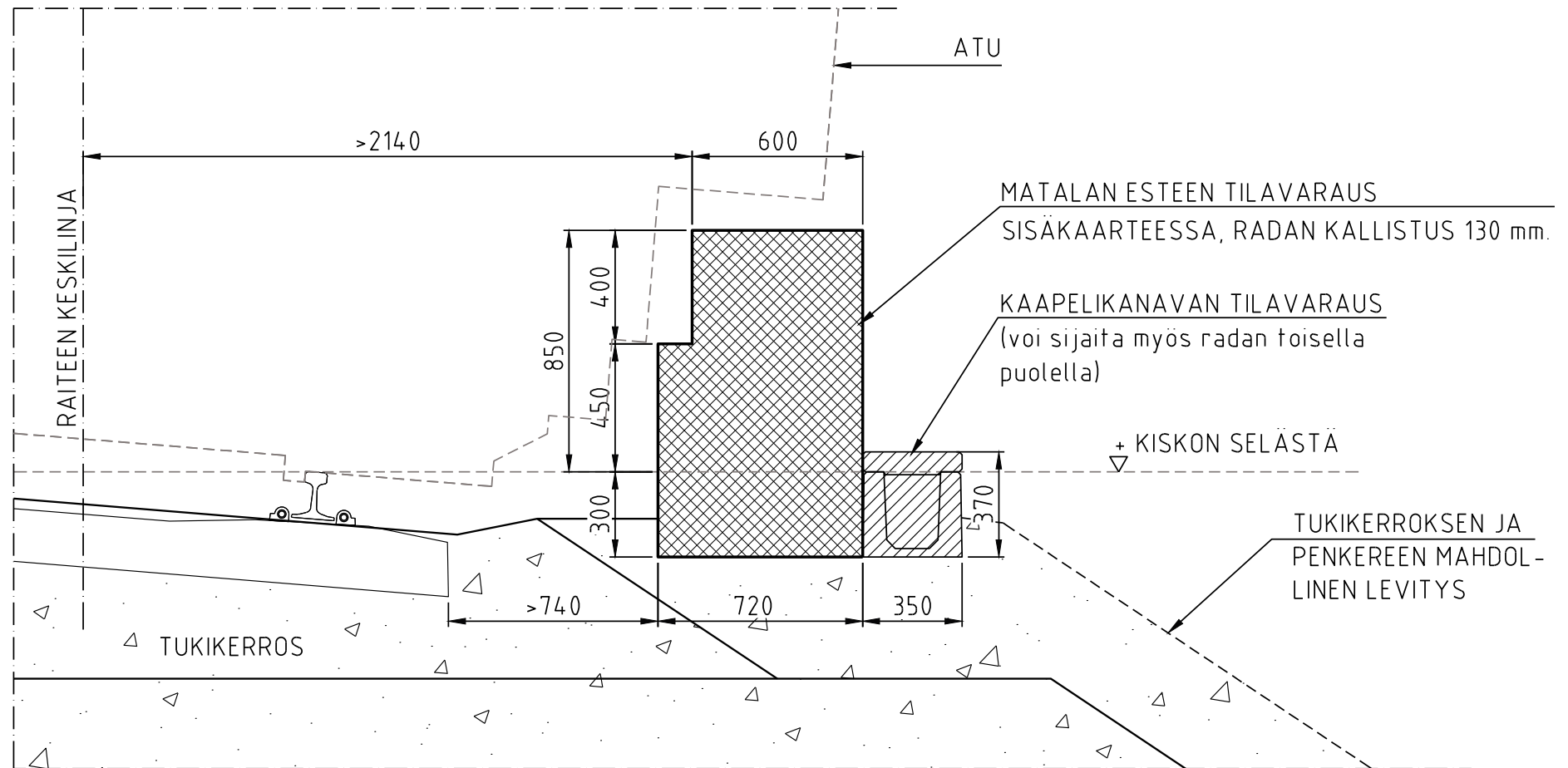
#### **Muut**

- /25/ InfraRYL, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto Oy.
- /26/ Kanavaelementit ja kansielementit. Ratahallintokeskuksen tekniset toimitusehdot 1041/731/99. Helsinki 1999.

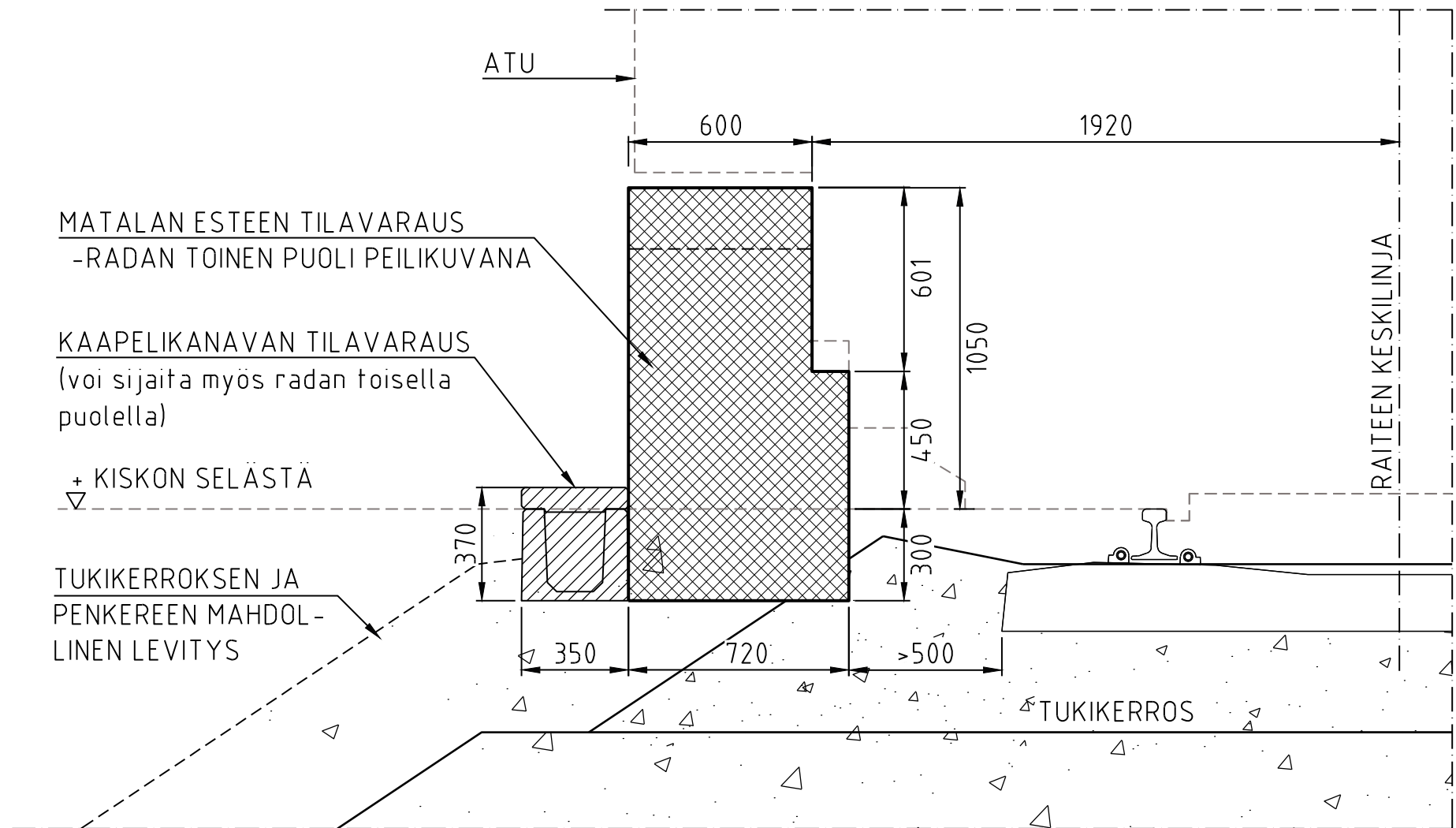




Matalan meluesteen tilavaraus raiteiden sivulla, toinen puoli peilikuvana,  $h=850$  mm

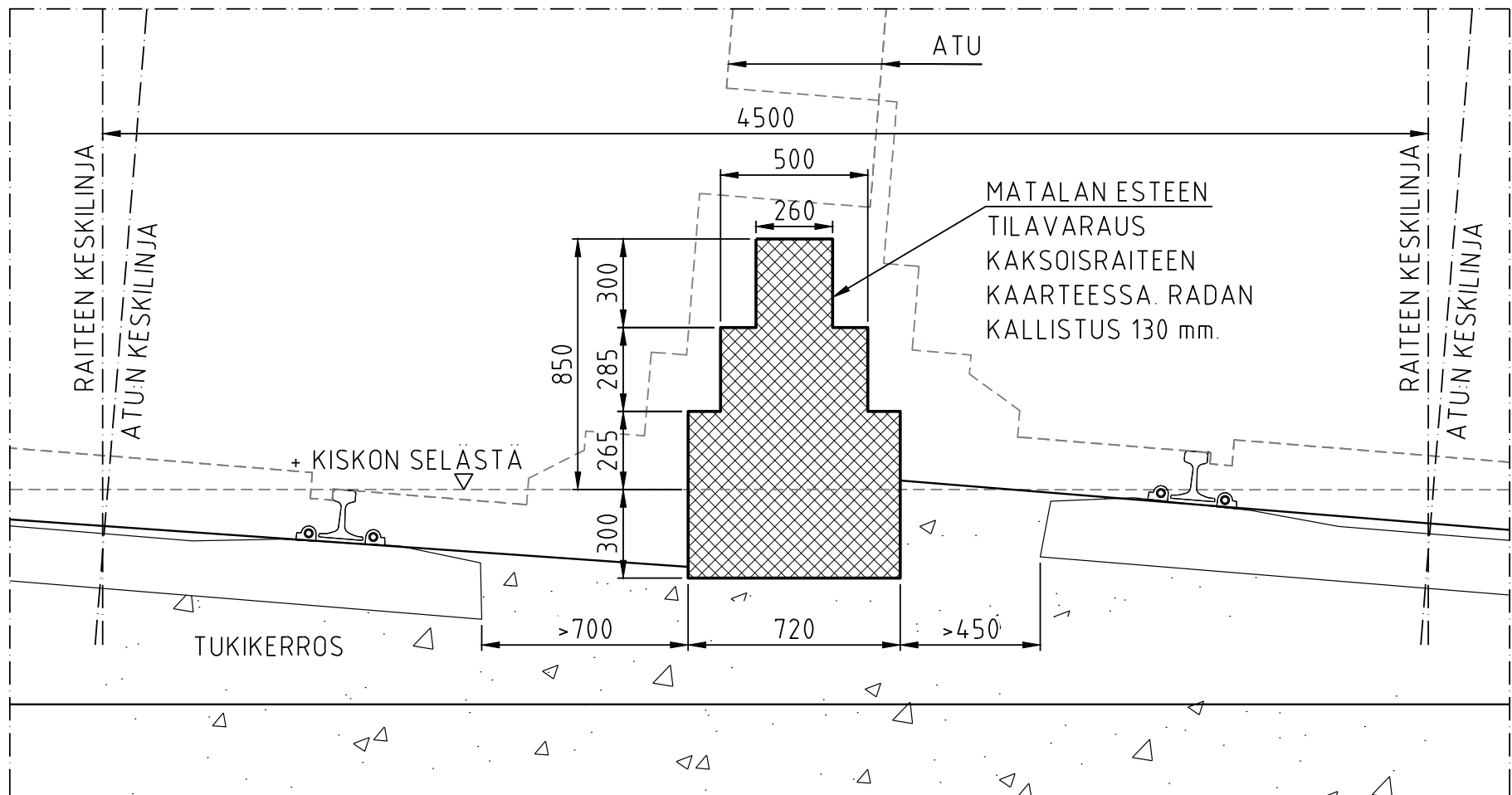


Matalan meluesteen tilavaraus raiteiden sivulla, toinen puoli peilikuvana, h=1050 mm

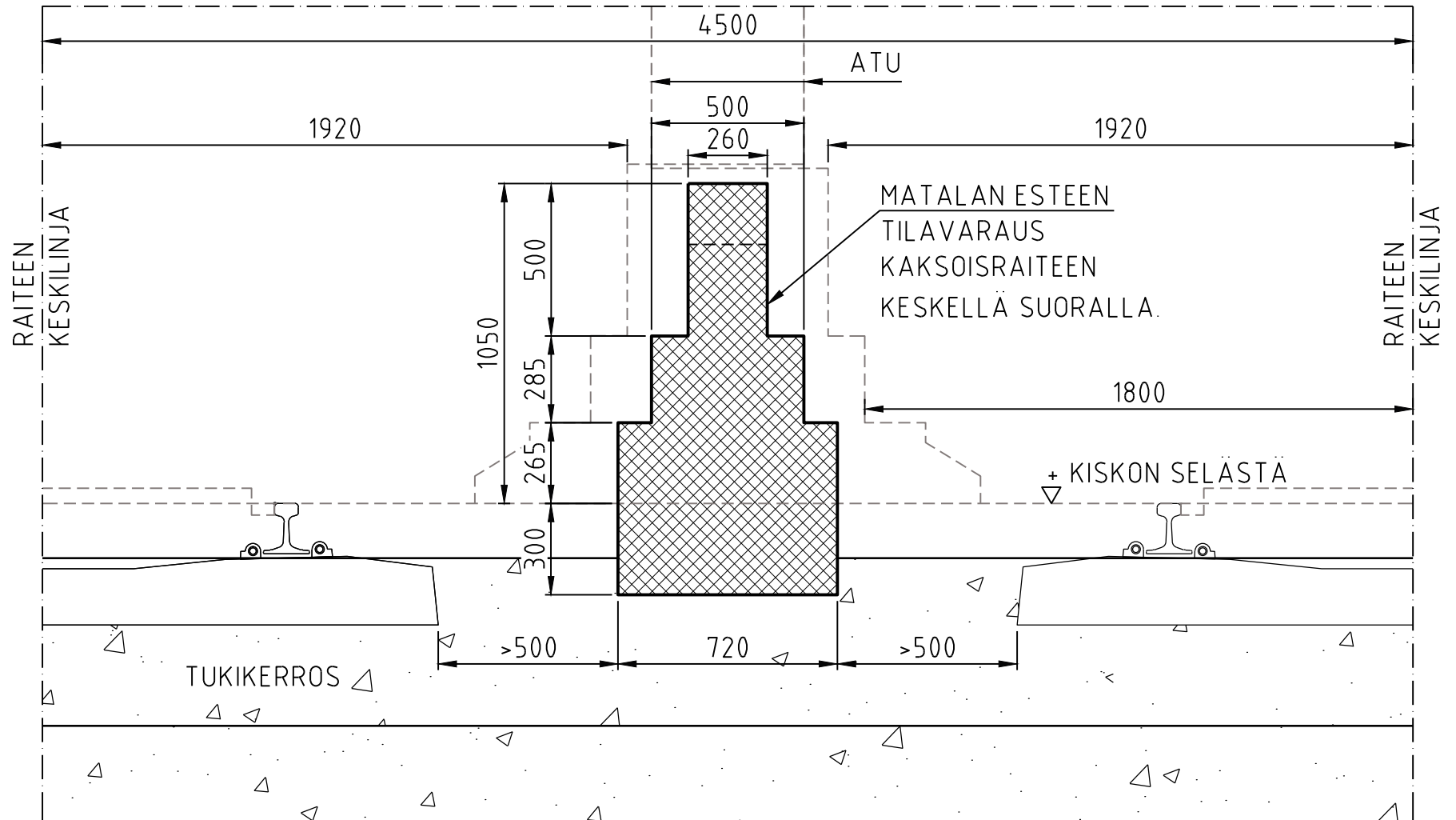


Matalan meluesteen tilavaraus raiteiden välissä, raideväli > 4500 mm, h=850 mm.

Esteen tilavaraus on määritetty siten, että estettä voidaan käyttää myös minimiraidevälillä 4100 mm



Matalan meluesteen tilavaraus raiteiden välissä, raideväli > 4500 mm, h=1050 mm.  
Esteen tilavaraus on määritetty siten, että estettä voidaan käyttää myös minimiraidevälillä 4100 mm.





ISSN-L 1798-663X  
ISSN 1798-6648  
ISBN 978-952-317-409-2  
[www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liik  
enne  
vira  
sto

# Tämä asiakirja on allekirjoitettu

Lista allekirjoittajista

Allekirjoittaja

Todennus